

# MINIATUR PENGENDALI TEKANAN *LIQUID* MENGGUNAKAN KONTROLER PID BERBASIS PLC DENGAN PNEUMATIK

Wiyogo darmawan<sup>1</sup>, Ir. Purwanto, M.Sc<sup>2</sup>, Ir. Bambang Siswoyo, MT.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Teknik Elektro, <sup>2,3</sup>Dosen Teknik Elektro, Universitas Brawijaya

E-mail : wiyogodarmawan@yahoo.com

**Abstrak** --- Pengendali tekanan dalam sistem pengemasan cat menggunakan pneumatik memiliki respon yang efisien dan stabil. Besarnya tekanan udara yang diukur dengan menggunakan sensor tekanan Nagano SML 10.0 dijadikan masukan ke PLC, sehingga sistem bekerja secara otomatis. Di dalam PLC terdapat program kontroler PID yang menggunakan metode osilasi *zeigler-nichols* II. Metode ini dipilih karena dapat mempersingkat waktu pencarian parameter PID karena menggunakan rumus-rumus sederhana. Hasil parameter kontroler PID diperoleh nilai  $K_p = 10$ ,  $K_i = 5$ ,  $K_d = 3$ . dengan nilai  $K_p, K_i$ , dan  $K_d$  tersebut sistem dapat berjalan dengan baik dengan mempertahankan tekanan udara mendekati *setpoint*.

**Kata kunci** - Pengemasan Cat, PLC, kontrol PID.

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan industri sekarang yang sangat pesat khususnya di bidang pengemasan cat membutuhkan perangkat yang dapat bekerja secara otomatis untuk mendukung proses produksi. Disamping untuk meningkatkan efisiensi tenaga kerja, penggunaan perangkat otomatis dapat membantu meningkatkan efisiensi waktu dalam produksi. Hal ini mengakibatkan dunia industri dituntut untuk berproduksi sebanyak-banyaknya dalam waktu sesingkat mungkin dengan kemungkinan *error* kecil. Dengan demikian perkembangan teknologi tinggi mutlak diperlukan guna mengimbangi kebutuhan tersebut. Pada industri-industri yang membutuhkan keakuratan data *output*, maka pemakaian aksi kontrol juga sangat diperlukan. Hal sekecil apapun dalam proses industri harus diperhitungkan guna meminimalisir kemungkinan *error* yang terjadi sehingga tidak mengganggu jalannya proses produksi.

Untuk memenuhi kebutuhan perangkat secara otomatis perlu adanya peran alat untuk mendukung bejalanya sistem antara lain, Pneumatik merupakan peralatan mekanis yang bersifat lurus (Linier). Di dunia industri, umumnya pneumatik digunakan sebagai penggerak ON/OFF yang diproses dengan dorongan maju mundur atau pendorong bahan awal produksi sampai proses hasil pengemasan. Kontrol PID dikenal sebagai kontroler berumpan balik yang paling sering digunakan dalam dunia industri. Karena terbukti dapat memberikan performa kontrol yang baik meski mempunyai algoritma sederhana yang mudah dipahami. Sementara itu di dunia industri juga dikenal dengan *Programmable Logic Controller* (PLC) yang merupakan perangkat kontrol yang sering digunakan dalam proses

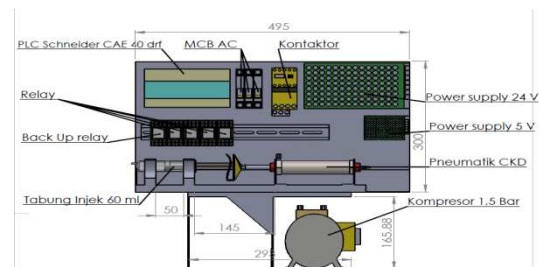
sekuensial. Kemampuan melakukan aksi kontrol PID merupakan salah satu sekuennya. PLC yang dilengkapi modul tambahan dengan unit khusus seperti *analog input/output* unit akan sangat mudah dalam pengontrolan.

Pengisian cat merupakan salah satu bagian utama dalam industri pengemasan cat kaleng. Dimana saat ini masih ada industri kemasan cat pengontrolannya yang masih menggunakan tenaga manusia dan menggunakan kontrol ON/OFF sebagai pengendali sistemnya. Pekerjaan tersebut menjadi kurang efisien dalam segi waktu, tenaga dan biaya produksi. Untuk mengurangi masalah tersebut diperlukan sebuah sistem yang pengontrolannya bekerja secara otomatis.

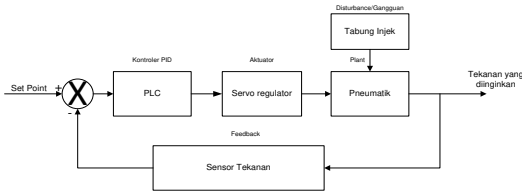
## II. PERANCANGAN SISTEM

Meliputi diagram blok sistem, cara kerja sistem, *flowchart* atau diagram alir kerja sistem, gambar rancangan alat, dan perangkat lunak pada PLC twido CAE 40DRF. Perancangan sistem pengendali tekanan tabung kemasan menggunakan kontroler PID berbasis PLC pada proses pengisian cat kaleng dengan spesifikasi sebagai berikut :[3][4]

- Kompresor : *Unit* yang berfungsi sebagai penyuplai udara kedalam *recervoir tank*.
- *Recevoir tank* : Alat yang berfungsi untuk menampung udara.
- *Pressure switch* : Katup yang berfungsi untuk membatasi tekanan yang keluar dari *recevoir tank*.
- Regulator : Alat yang berfungsi sebagai penjaga tekanan sesuai dengan nilai yang diinginkan.
- Selenoid valve : Bagian yang berfungsi sebagai katup pengalir udara yang dipicu dengan arus.
- Pneumatik : Bagian dari mekanik yang bekerja sebagai pendorong yang digerakan dengan tekanan udara.
- Sensor tekanan : Alat yang berfungsi untuk merubah nilai tekanan menjadi nilai tegangan sebagai *feedback* unit kontrol.
- Tabung *Inject* : Bagian yang berfungsi untuk menggerakkan fluida ke dalam kemasan yang diatur oleh gaya dorong pneumatik. Gambar 1 merupakan kontruksi miniatur pengisian cat kaleng dan Gambar 2 menunjukkan diagram blok sistem.



Gambar 1. Prespektif perancangan miniatur pengisian cat kaleng



Gambar 2. Diagram blok sistem.

### A. Prinsip Kerja

Keterangan dari diagram blok yang ditunjuk antara lain :

- *Setpoint* berupa *pressure* udara yang telah ditentukan sebesar 1 bar sebagai acuan yang akan dibandingkan dengan nilai *output*.
- *Summing point* merupakan sistem pembandingan antara nilai *output* dengan nilai *setpoint*.
- PLC kemudian mengolah hasil dari *summing point* dan menghasilkan sinyal kontrol yang kemudian akan dikeluarkan menuju *actuator regulator* yang berupa motor *servo*.
- Motor *servo* kemudian mengatur besar kecilnya tekanan udara dari *Regulator* berdasarkan *disturbance* yang terjadi pada pneumatik agar *Output* yang dihasilkan sesuai dengan *setpoint*.
- *Pressure* yang dihasilkan pneumatik kemudian di *feedback* pada sebuah sensor tekanan.
- Hasil pembacaan sensor kemudian diakumulasikan dengan *setpoint* sehingga PLC mampu mengetahui *error* yang terjadi.

### B. Sensor Tekanan Nagano ADZ-sml 10.0

Sensor tekanan memiliki fungsi untuk mengetahui tekanan udara pada saluran udara yang akan masuk pada pneumatik. Dan sebagai *feedback* sistem pengemasan untuk membandingkan nilai *output* dengan nilai *setpoint*. Agar *output* tekanan udara sesuai dengan *setpoint* yang telah ditentukan.

### C. Motor Servo S35 standart

Motor servo merupakan motor yang berfungsi sebagai aktuator yang bekerja menggerakkan dan mengatur besar kecilnya udara yang dikeluarkan sistem dengan catatan sesuai dengan yang dibutuhkan. Motor servo sendiri di kontrol dengan metode *hand tuning* tetapi dengan penentuan awal nilai kontroler, terlebih dahulu menggunakan metode *Ziegler-Nichols II* agar proses metode *hand tuning* tidak terlalu lama.[5]

### D. Perancangan Kontroller

#### 1. Perancangan Kontroler PID

Konsep dasar dari kontrol PID adalah mendeteksi PV (nilai proses) melalui sensor dan menjumlahnya dengan *set value* SV (nilai yang diinginkan). Dengan demikian kontroler dapat menentukan respon yang diberikan untuk mempertahankan tekanan sesuai *present value* PV. Kemudian kontroler mengeluarkan nilai *manipulated value* MV (nilai manipulasi) agar PV harus sama dengan SV.

Aksi kontrolnya dinyatakan sebagai:

$$m(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_p T_d \frac{de(t)}{dt}$$

Kontrol PID memiliki kompatibilitas yang tinggi, fleksibilitas, keterjangkauan dibandingkan dengan kontrol robust dan kontrol optimal linier. Dalam kasus metode kontrol lainnya, karena perangkat kontrol dapat diterapkan ke sistem setelah analisis matematis dari sistem, jika sistem atau persyaratan perubahan pengguna, analisis sistem dilakukan lagi. Tapi dalam kasus kontrol PID, perangkat PID berupaya menyesuaikan dengan perubahan sistem atau kebutuhan pengguna dengan metode *Manual-tuning* tanpa perlu analisis sistem berulang kali.

Kinerja kontroler PID sangat bergantung dengan koefisien PID. Umumnya, Hal ini cukup sulit dan membutuhkan waktu yang cukup lama untuk memprediksi sistem dan mengatur koefisien PID. Penyebabnya adalah gangguan non-periodik, gangguan kontrol *loop* lain dan karakteristik dinamis sistem kontrol itu sendiri. Jadi *Manual-tuning* yang menentukan koefisien PID secara otomatis sangat berguna dalam membantu menyelesaikan masalah ini. Metode dalam menetapkan koefisien PID disini akan menggunakan *Relay Manual-tuning*. [2]

Tabel 1. Tabel Tuning Metode Ziegler-Nichols

Kontroler	Proporsional Penguatan (gain)	Integral	Diferensial
P	$0,5K_u$	-	-
PI	$0,45K_u$	$P_u/1,2$	-
PID	$0,6K_u$	$P_u/2$	$P_u/8$

Sumber: Gunterus Frans, 1994

#### 2. Setting Parameter PID

Sama halnya dengan spesial modul yang lain, maka sebelum menggunakan program PID, haruslah mengatur parameter PID. Gambar 4. Menunjukkan tampilan pengaturan parameter PID. Adapun parameter PID dalam program yang diatur meliputi:

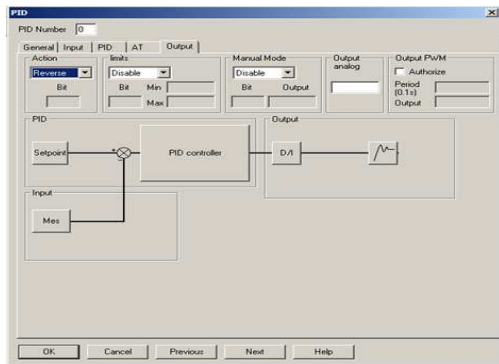
Pada bagian general :

- *Operating mode* : Untuk mengaktifkan mode operasi PID.
- *Setpoint* : Acuan yang berfungsi untuk mengatur nilai yang diinginkan.
- *Input* : Acuan nilai aktual hasil pembacaan sensor.
- *Output* : Acuan nilai keluaran dari sistem kontrol.

Pada bagian PID.

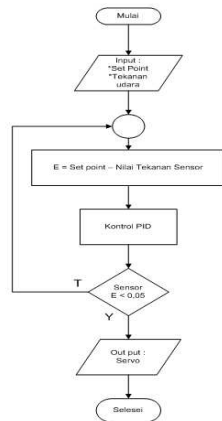
- Penentuan  $K_p$  : Acuan yang berfungsi untuk mengatur nilai konstanta proporsional.
- Penentuan  $K_i$  : Acuan yang berfungsi untuk mengatur nilai konstanta integral.
- Penentuan  $K_d$  : Acuan yang berfungsi untuk mengatur nilai konstanta derivative.
- Penentuan nilai *setpoint* : Acuan yang berfungsi untuk mengatur nilai yang diinginkan.

Berikut adalah tampilan *graphical user interface* untuk pengaturan nilai PID pada software Twidsoft V.3.5 [1]



**Gambar 3.** Tampilan Pengaturan Parameter PID  
Sumber: Perancangan

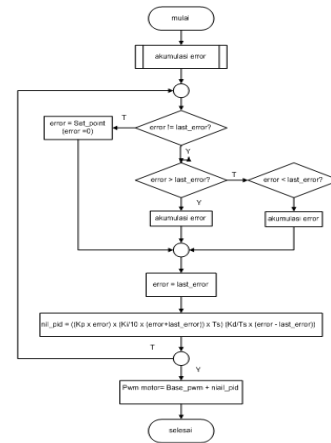
Seting parameter diperlukan untuk mengaktifkan, nilai-nilai yang ada dimasukkan ke dalam pemrograman. Gambar 4. Merupakan *Flowchart* sistem secara keseluruhan.



**Gambar 4.** *Flowchart* Sistem Secara Keseluruhan  
Sumber: Perancangan

Pada program yang akan diatur untuk kontroler PID, diperlukan pengaturan parameter terlebih dahulu. Hal ini diperlukan agar sistem dapat bekerja menjadi kontroler PID yang sesuai dengan yang diinginkan.

Dalam control PID terdapat beberapa perhitungan sesuai dengan *flowchart* yang ditunjukkan pada gambar 5. seperti dibawah ini.



**Gambar 5.** *Flowchart* Pengaturan Parameter dan Set Value Kontroler PID

### III. PENGUJIAN DAN ANALISA

Bab ini membahas pengujian dan analisis alat yang telah dirancang dari peralatan yang telah dibuat. Pengujian dilakukan dengan pengukuran tiap-tiap blok dengan tujuan mengamati apakah blok-blok tersebut bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian dilakukan berdasarkan pada masing-masing komponen pendukung dari alat secara keseluruhan. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian terhadap:

1. Pengujian Catu Daya
2. Pengujian Sensor Tekanan ADZ-SML-10.
3. Pengujian Gerak Servo S35 STD
4. Pengujian Keseluruhan Sistem

#### 1. Pengujian Catu Daya

##### 1.1 Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk menganalisis nilai catu daya yang digunakan sehingga dapat sesuai dengan kebutuhan sistem miniatur pengisian cat.

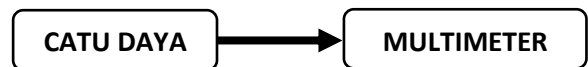
##### 1.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan pada pengujian ini adalah:

- 1) Catu Daya 24 V.
- 2) Catu Daya 5 V.
- 3) Multimeter Fluke 87.

##### 1.3 Prosedur Pengujian

- 1) Mengatur catu daya sesuai diagram blok yang ditunjukkan dalam Gambar 6.
- 2) Mengukur nilai catu daya dengan menggunakan multimeter Fluke 87.



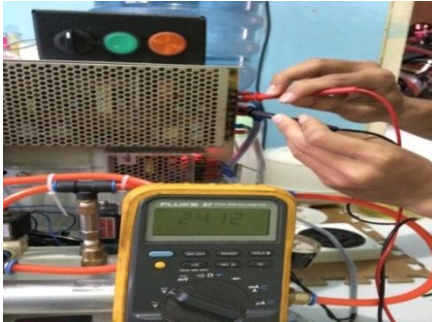
Gambar 6. Diagram Blok Pengujian Catu Daya

#### 1.4 Hasil Pengujian

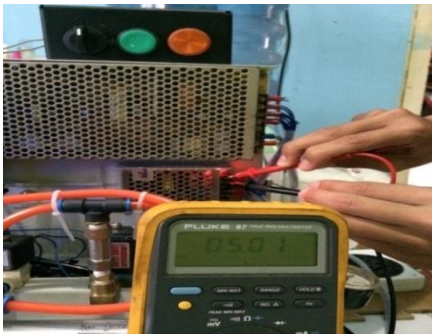
Hasil pengujian catu daya yang dilakukan ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Catu Daya

No.	Catu Daya	Nilai yang Diharapkan	Pengukuran	Error
1	24 V	24V	24.12	0,12
2	5 V	5V	5.01 V	0,01



Gambar 7. Pengujian Catu Daya 24 V



Gambar 8. Pengujian Catu Daya 5 V

### 1.5 Analisis Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian catu daya 24V dan 5V, maka dapat dianalisis tingkat *error* dari catu daya. Untuk catu daya 24V dapat diketahui nilai pembacaan *actual* nya sebesar 24.12 V. Maka dapat diketahui *error* dari catu daya 24V sebesar 0.12 V. Kemudian untuk catu daya 5V diketahui nilai pembacaan *actual* nya sebesar 5.01 V. Maka dapat diketahui *error* yang dari catu daya 5V sebesar 0.01V. Dengan nilai tegangan yang terbaca tersebut dapat disimpulkan bahwa catu daya layak digunakan karena memiliki rata-rata *error* dibawah 0.50V.

## 2. Pengujian Sensor Tekanan ADZ-SML-10

### 2.1 Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja sensor tekanan ADZ-SML-10 yang dihubungkan dengan *expansion module* analog TWDAMI2HT sehingga keluaran yang dihasilkan sensor dapat dibaca PLC. Sehingga diharapkan nilai sensor dapat sesuai dengan karakteristik pada *datasheet* dan memiliki nilai yang *actual*.

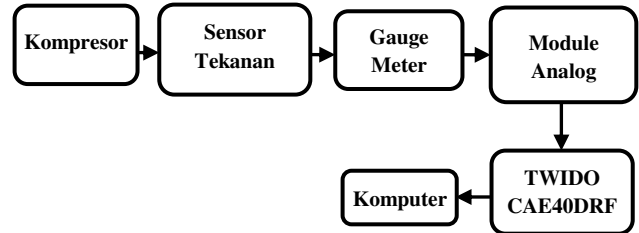
### 2.2 Peralatan Pengujian

- 1) Kompresor.
- 2) Sensor Tekanan ADZ-SML-10.
- 3) *Expansion Module* analog TWDAMI2HT.
- 4) PLC Twido LCAE 40DRF.
- 5) Komputer.

- 6) Gaugemeter.

### 2.3 Prosedur Pengujian

- 1) Menyusun peralatan pengujian sesuai dengan blok diagram pengujian yang ditunjukkan dalam Gambar 9.
- 2) Membandingkan nilai pembacaan sensor tekanan ADZ-SML-10 dengan pembacaan tekanan gaugemeter.



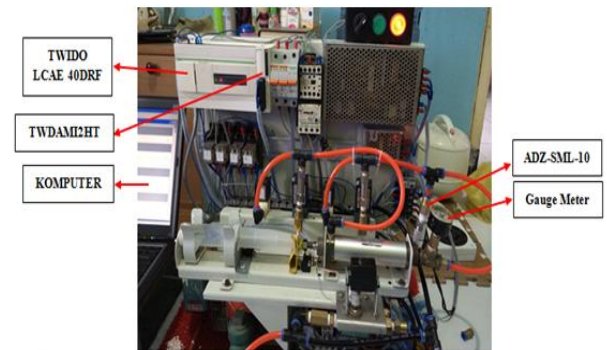
Gambar 9. Blok Pengujian Sensor Tekanan

### 2.4 Hasil Pengujian

Ketika dibandingkan dengan pembacaan tekanan pada gaugemeter, nilai tekanan hasil pembacaan ADZ-SML-10 hampir mendekati nilai pada gaugemeter. Proses perbandingan nilai tekanan sensor ADZ-SML-10 dengan gaugemeter dapat dilihat dalam Gambar 10.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor Tekanan ADZ-SML-10

Gaugemeter (BAR)	Nilai Digital Sensor ADZ-SML-10
0,1	40
0,2	79
0,3	121
0,4	160
0,5	202
0,6	240
0,7	283
0,8	320
0,9	362
1,0	400



Gambar 10. Proses Pengujian Sensor Tekanan

### 2.5 Analisis Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian sensor tekanan ADZ-SML-10 dapat diketahui perbandingan antara nilai tekanan gaugemeter dengan nilai digital yang dibaca oleh sensor. Dari proses pembacaan nilai tekanan sensor dapat diketahui sensitivitas sensor adalah sebesar 400/bar.

## 3. Pengujian Gerak Servo S35-STD

### 3.1 Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja gerak servo S35-STD dalam gerak CW atau



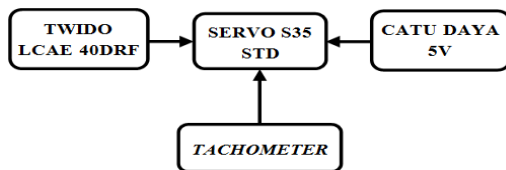
CCW dan juga kecepatan dari gerakan servo itu sendiri.

### 3.2 Peralatan Pengujian

- 1) Catu daya 5V DC.
- 2) PLC Twido LCAE 40DRF.
- 3) Servo motor GWS S35 standart
- 4) Rangkaian Pembagi Tegangan
- 5) *Tachometer*

### 3.3 Prosedur Pengujian

- 1) Menyusun peralatan pengujian sesuai dengan blok diagram pengujian yang ditunjukkan dalam Gambar 11.
- 2) Mengatur nilai *ratio* PWM PLC dari 0,9 ms sampai 2,1 ms.
- 3) Melihat arah gerak servo dan juga mengukur kecepatan gerak servo dengan menggunakan *tachometer*.



Gambar 11. Diagram Blok Pengujian Servo S35 STD

### 3.4 Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian gerak servo dapat diketahui hubungan antara *ratio* pwm dengan arah gerak servo dan juga kecepatan servo. Hasil pengujian ditunjukkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Gerak Servo S35STD

PWM	ARAH GERAK	RPM
0.9	CW	12
1.0	CW	10
1.1	CW	8
1.2	CW	6
1.3	CW	4
1.4	CW	2
1.5	DIAM	0
1.6	CCW	2
1.7	CCW	4
1.8	CCW	6
1.9	CCW	8
2.0	CCW	10
2.1	CCW	12

### 3.5 Analisis Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian gerak servo dapat diketahui karakteristik servo S35 STD continuous dari nilai *ratio* yang diberikan berbanding dengan arah putar dan kecepatan servo. Dari pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa servo bergerak dengan arah CW ketika nilai *ratio* PWM diberikan antara 0.9 sampai 1.4. Dan servo akan bergerak CCW ketika diberikan nilai *ratio* antara 1.6 sampai 2.2. Servo akan diam ketika diberikan nilai *ratio* 1.5. Berdasarkan hasil pengujian gerak servo dapat disimpulkan bahwa gerak servo sudah sesuai dengan *datasheet* servo S35 STD Continuous.

## 4. Pengujian Sistem Kontrol PID Melalui Manual Tuning

### 4.1 Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai parameter  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$  menggunakan metode *handtuning* yang telah disesuaikan. Dan mengetahui apakah respon sistem telah mencapai *setpoint* berdasarkan karakteristik *plant* yang diatur.

### 4.2 Peralatan Pengujian

- 1) Miniatur Pengisian Cat Kaleng
- 2) Sensor Tekanan ADZ-SML-10
- 3) Servo S35 STD Continuous
- 4) PLC TWIDO LCAE 40DRF
- 5) Gaugemeter
- 6) Komputer
- 7) Kabel Ethernet
- 8) *Software* Twidosoft V.3.5.

### 4.3 Prosedur Pengujian

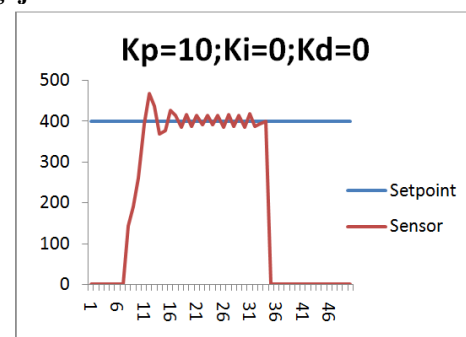
Prosedur pengujian sistem control PID adalah sebagai berikut:

- 1) Hubungkan PLC dengan semua rangkain dan catu daya yang diperlukan.
- 2) Hubungkan PLC dengan komputer *via* Ethernet.
- 3) Mengaktifkan *software* Twidosoft V.3.5
- 4) Memasukkan parameter  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$  yang telah ditentukan lalu melakukan *compiling* dan menuliskannya ke PLC.
- 5) Mengaktifkan alat dan merekam grafik secara data.
- 6) Proses pengujian dimulai dengan nilai  $K_p=10$ ,  $K_i=0$ ,  $K_d=0$  Kemudian parameter  $K_p$  dinaikkan sampai *loop* terjadi osilasi. Kemudian parameter  $K_i$  dinaikkan sampai *error steady state* tereliminasi. Terakhir nilai parameter  $K_d$  ditingkatkan jika dibutuhkan, sampai *loop* dirasakan cukup cepat untuk mencapai *setpoint* setelah ada gangguan beban.
- 7) Proses dihentikan setelah didapatkan parameter dengan respon yang paling stabil.

### 4.4 Data Hasil Pengujian

Berikut adalah data pengujian sistem control PID dengan nilai *setpoint* yang telah diatur sesuai *setpoint* yang telah ditentukan dalam bab perancangan.

#### Pengujian ke – 1

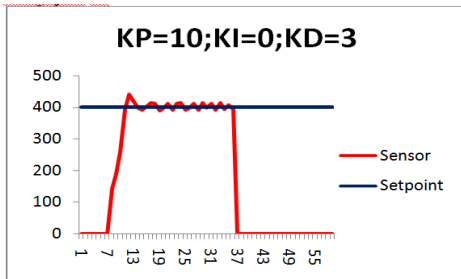


Gambar 12. Grafik Pengujian ke 1

Pada percobaan pertama nilai,  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$  yang diberikan secara berurutan adalah 10,0,0. Dalam grafik *input* terhadap *setpoint*, karakteristik tanggapan

*plant* (tekanan) terhadap nilai  $K_p$  pada *setpoint* 1 bar yaitu , waktu naik ( $t_r$ ) = 0.4 detik, waktu puncak ( $t_p$ ) = 0.5 detik, Waktu penetapan ( $t_s$ ) = 1.3 detik. Maksimum *overshoot* ( $M_p$ ) = 17 %. Pada percobaan pertama dapat disimpulkan bahwa sistem masih belum stabil dikarenakan maksimum *overshoot* yang terjadi masih sangat besar dan juga nilai *steady state* yang tidak stabil.

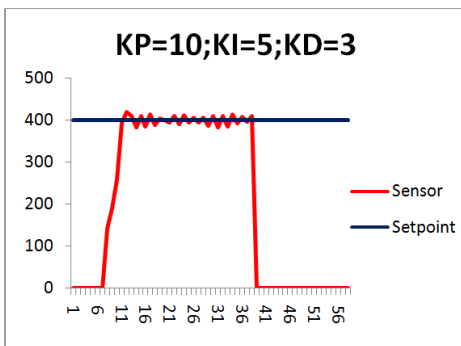
#### Pengujian ke – 2



Gambar 13. Grafik Pengujian ke 2

Pada percobaan kedua nilai,  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$  yang diberikan secara berurutan adalah 10,0,3. Dalam grafik *input* terhadap *setpoint*, karakteristik tanggapan *plant* (tekanan) terhadap nilai  $K_p$  pada *setpoint* 1 bar yaitu , waktu naik ( $t_r$ ) = 0.35 detik, waktu puncak ( $t_p$ ) = 0.4 detik, Waktu penetapan ( $t_s$ ) = 1.0 detik. Maksimum *overshoot* ( $M_p$ ) = 10 %. Pada percobaan pertama dapat disimpulkan bahwa sistem masih belum stabil dikarenakan maksimum *overshoot* yang terjadi masih besar dan juga nilai *steady state* yang tidak stabil.

#### Pengujian ke – 3



Gambar 14. Grafik Pengujian ke 3

Pada percobaan ketiga nilai,  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$  yang diberikan secara berurutan adalah 10,5,3. Dalam grafik *input* terhadap *setpoint*, karakteristik tanggapan *plant* (tekanan) terhadap nilai  $K_p$  pada *setpoint* 1 bar yaitu , waktu naik ( $t_r$ ) = 0.30 detik, waktu puncak ( $t_p$ ) = 0.35 detik, Waktu penetapan ( $t_s$ ) = 0.9 detik. Maksimum *overshoot* ( $M_p$ ) = 5 %. Pada percobaan ketiga dapat disimpulkan bahwa sistem sudah mencapai kestabilan dikarenakan maksimum *overshoot* yang terjadi masih cukup kecil dan juga sistem sudah mulai *steady state*.

## IV PENUTUP

### 4.1 Kesimpulan

Dari perancangan, pengujian dan pengamatan yang telah dilakukan pada miniatur pengendali

tekanan *liquid*, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan algoritma PID, sistem pengendali tekanan *liquid* mampu mencapai *setpoint* dan juga dapat menjaga kestabilan sistem pada posisi *steady state*. Parameter PID ditentukan dengan menggunakan metode *hand tuning* dan didapatkan nilai  $K_p = 10$ ,  $K_i = 5$  dan  $K_d = 3$ . Dengan menggunakan parameter tersebut sistem mampu mempertahankan tekanan pendorong suntikan fluida sesuai *setpoint* yang ditentukan.
2. Sistem pengendali tekanan *liquid* yang dirancang memiliki respon sistem sesuai dengan yang direncanakan dengan menggunakan tabung *inject* dengan volume sebesar 50mL. Sensor yang digunakan adalah sensor tekanan ADZ-SML 10.0 sebagai *feedback* sistem. Sedangkan aktuator sistem yang digunakan adalah motor servo *continous* dan pneumatik. Gaya dorong tekanan fluida dihasilkan melalui kompresor.

### 4.2 Saran

Dalam perancangan dan pembuatan alat ini masih terdapat beberapa kelemahan. Untuk memperbaiki kinerja sistem pengendali tekanan dan pengembangan lebih lanjut disarankan :

1. Penambahan sensor berat agar dapat melakukan pengukuran sistem secara lebih presisi.
2. Penambahan *Conveyor* pada proses pemindahan kemasan cat agar jumlah pengisian waktu lebih efektif.
3. Memodifikasi sistem tabung *inject* agar cairan yang akan diisi pada kemasan secara otomatis mengisi kembali ketika proses pengisian pada satu kemasan selesai.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1]...., 2005, *Twido Schneider User Manual*. Deuschthlan: Schnieder.
- [2]Gunterus, Frans. 1994. *Falsafah Dasar: Sistem Pengendalian Proses*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.
- [3]Setiawan, Iwan. 2006. *Programmable Logic Controller (PLC) dan Teknik Perancangan Sistem Kontrol*. Yogyakarta. Penerbit Andi
- [4]Twido.2010.*Programmable Controller Twido. with 4/8/16/32K bytes in System Programable Flash*. <http://www.schneider.com/Images/doc8161.pdf>. diakses tanggal 10 Januari 2014.
- [5]Ziegler, J. G. dan N.B. Nichols, 1942, *Optimum Setting for Automatic Kontrollers*, Tans.ASME.